

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2000116084  
PUBLICATION DATE : 21-04-00

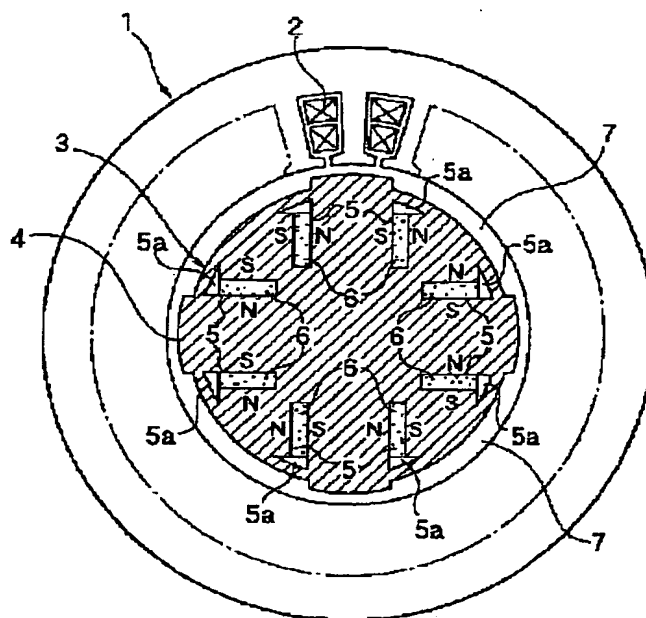
APPLICATION DATE : 29-09-98  
APPLICATION NUMBER : 10275922

APPLICANT : TOSHIBA CORP;

INVENTOR : TAKAHATA MIKIO;

INT.CL. : H02K 19/10 H02K 1/27 H02K 21/14

TITLE : PERMANENT MAGNET RELUCTANCE  
ROTATING ELECTRIC MACHINE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a rotating electric machine with high output and variable speed over a wide range.

SOLUTION: The outer circumferential face of an inter-pole part of a rotor 3 is recessed, as compared with an outer circumferential face of a pole part of the rotor 3. Each permanent magnet 6 is put on both sides of each pole part in a direction of a magnetic pole axis of each magnetic pole and is magnetized in such a way that magnetic flux of an armature passing through the inter-pole part is canceled. Then, the cavity length between the rotor 3 and the stator 1 is changed in the circumferential direction, and the rotor 3 forms a magnetically uneven part. A part of a rotor core is put between an outer edge part in a radial direction of the permanent magnet 6 and an outer circumferential face of the machine. This core part of the rotor has a thickness in the radial direction, so that inter-linkage magnetic flux to an armature coil becomes a given level at a no-load time.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-116084  
(P2000-116084A)

(43) 公開日 平成12年4月21日 (2000. 4. 21)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 2 K 19/10		H 0 2 K 19/10	A 5 H 6 1 9
1/27	5 0 1	1/27	5 0 1 A 5 H 6 2 1
			5 0 1 M 5 H 6 2 2
21/14		21/14	M

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-275922

(22) 出願日 平成10年9月29日 (1998. 9. 29)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 堺 和人

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

(72) 発明者 新 政憲

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外3名)

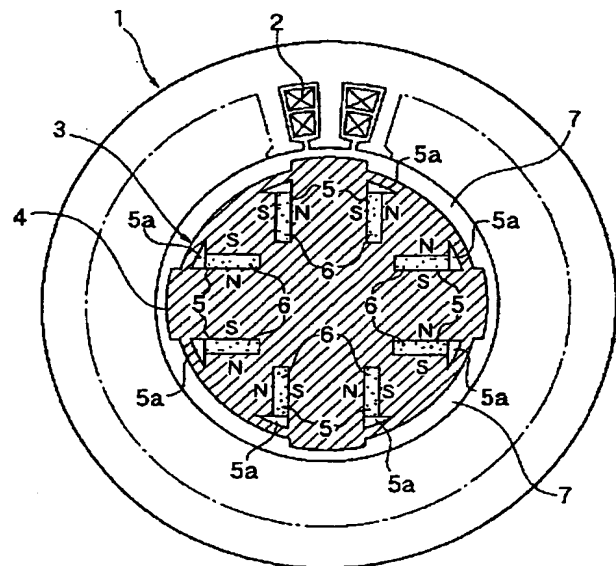
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石式リラクタンス型回転電機

(57) 【要約】

【課題】 高出力にして広範囲の可変速運転が可能な永久磁石式リラクタンス型回転電機を実現する。

【解決手段】 回転子3の磁極間部外周面が、回転子3の磁極部外周面より凹んで形成される。永久磁石6は、各磁極部の磁極軸方向に沿って各磁極部を挟むように設けられ、かつ磁極間部を通る電機子の磁束を打ち消すように磁化される。これにより回転子3と固定子1の間の空隙長は円周方向に変化し、回転子3は磁氣的に凹凸部を形成する。永久磁石6の半径方向外端部と回転子外周面との間には、回転子鉄心の一部が介在される。この回転子鉄心部分は、無負荷時における電機子コイルへの鎖交磁束密度が所定の値となるような径方向の厚さを有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電機子コイルを有する固定子と、磁氣的に凹凸部を形成する回転子鉄心からなる略円筒状の回転子と、前記回転子の各磁極軸に沿った方向に配置される永久磁石とを有する永久磁石式リラクタンス型回転電機であって、

前記回転子の磁極間部外周面は、回転子の磁極部外周面より凹んで形成されると共に、

前記永久磁石は、各磁極間部の回転子円周方向両端に設けられ、かつ磁極間部を通る電機子の磁束を打ち消すように磁化されていることを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項2】 前記回転子半径方向における永久磁石の外側端部と、前記回転子の外周面との間には回転子鉄心の一部が介在することを特徴とする請求項1に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項3】 前記回転子半径方向における永久磁石の外側端部と前記回転子の外周面との間に介在する回転子鉄心部分は、電機子電流の磁束で磁気飽和する半径方向の厚さを有することを特徴とする請求項2に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項4】 前記回転子半径方向における永久磁石の外側端部と前記回転子の外周面との間に介在する回転子鉄心部分は、磁極間中央の半径方向の厚さより薄い厚さを有することを特徴とする請求項2に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項5】 前記回転子半径方向における永久磁石の外側端部と前記回転子の外周面との間に介在する回転子鉄心部分は、前記電機子コイルに流れる電流がゼロの時、電機子コイルと鎖交する永久磁石の磁束において、空隙磁束密度が0.1 T以下になるような厚さを有することを特徴とする請求項2乃至4に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項6】 前記回転子半径方向における永久磁石の外側端部と、前記回転子の外周面との間には回転子鉄心の一部に加え、空洞部が形成されることを特徴とする請求項2乃至5に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項7】 前記空洞部には非磁性材が埋設されることを特徴とする請求項6に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、永久磁石式リラクタンス型回転電機に関する。

【0002】

【従来の技術】リラクタンス型回転電機は、一般に、電機子コイルを有する固定子と、固定子の中で回転する回転子とによって構成されており、回転子には界磁を形成するコイルが設けられず、凹凸のある鉄心のみで形成さ

れている。従って、従来の回転電機に比較して構造を簡素化でき、安価にできるといった特徴がある。

【0003】このリラクタンス型回転電機は、回転子に凹凸があるため凸部では磁気抵抗が小となり、凹部では逆に磁気抵抗が高くなる。これにより、凸部と凹部上の固定子との空隙部分では、電機子コイルに電流を流すことにより蓄えられる磁気エネルギーが異なってくる。リラクタンス型回転電機は、この磁気エネルギーの変化によって出力が発生する。なお、この凹凸部は幾何的に形成されるのみでなく、磁氣的に凹凸を形成できるように、即ち磁気抵抗、磁束密度が回転子の回転位置によって異なるような形状であれば良い。

【0004】他の高性能な回転電機として、永久磁石回転電機がある。この場合、電機子は永久磁石式リラクタンス型回転電機と同様であるが、回転子は鉄心と回転子のほぼ全周にわたり配置される永久磁石とにより構成される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来の回転電機では、次のような問題点があった。上述したように、リラクタンス型回転電機は、回転子鉄心表面に形成された凹凸により回転位置に応じて磁気抵抗を異ならせ、以って変化した磁気エネルギーにより出力を得るようにしている。しかしながら、固定子コイルに流れる電流が増加すると、これに伴って鉄心の凸部では磁気飽和領域が拡大し、磁極間部分となる凹部に漏れる磁束が増加して有効な磁束は減少し、出力は低下してしまう。あるいは、鉄心の凸部の磁気飽和で生じる漏れ磁束により、空隙磁束密度の変化が緩やかになり、磁気エネルギーの変化が小となる。このため、電流に対して出力の増加率が低下し、やがて出力は飽和してしまう。

【0006】一方、他の方式の高出力の回転電機として高磁気エネルギー積の希土類永久磁石を適用した永久磁石電動機では、回転子鉄心の表面に永久磁石を配置しているので、界磁に高エネルギーの永久磁石を適用することにより、高磁界を電動機のエアギャップに形成できて小形、高出力が可能となる。しかしながら、永久磁石の磁束は一定であるので、高速回転時に電機子コイルに誘導される電圧は回転速度に比例して大きくなる。このため、高速回転までの広範囲の可変速運転を行おうとしても、界磁磁束を減らすことができないため、電源電圧を一定とする基底速度の2倍以上の定出力運転は困難であった。

【0007】また、回転中に電機子コイルやインバータにおいて電氣的に短絡されると、誘起電圧で短絡電流が流れて過大なブレーキ力が作用する。さらには、電機子コイルを焼損することにもなる。

【0008】本発明は、上記の事情を考慮してなされたもので、高出力かつ広範囲の可変速運転が可能な永久磁石式リラクタンス型回転電機を提供することを目的とす

る。本発明の他の目的は、回転中における過大なブレーキ力の発生や電機子コイルの焼損を防止することができる永久磁石式リラクタンス型回転電機を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明は、電機子コイルを有する固定子と、磁氣的に凹凸部を形成する回転子鉄心からなる略円筒状の回転子と、前記回転子の各磁極軸に沿った方向に配置される永久磁石とを有する永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記回転子の磁極間部外周面は、回転子の磁極部外周面より凹んで形成されると共に、前記永久磁石は、各磁極間部の回転子円周方向両端に設けられ、かつ磁極間部を通る電機子の磁束を打ち消すように磁化されていることを特徴としている。

【0010】この請求項1の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機では、回転子の磁極間部となる外周面が磁極部となる外周面より凹んで形成されるため、回転子・固定子間の空隙長は変化し、回転子は磁氣的に凹凸部を形成することになる。また永久磁石は、各磁極間部の回転子円周方向両端に設けられ磁極間部を通る電機子の磁束を打ち消すように磁化されているため、この方向では磁気抵抗が高くなり、空隙磁束密度に凹凸ができ、この磁気エネルギー変化によって大きなトルクを発生することができる。

【0011】請求項2の発明は、請求項1の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記回転子半径方向における永久磁石の外側端部と、前記回転子の外周面との間には回転子鉄心の一部が介在されることを特徴としている。

【0012】請求項3の発明は、請求項2の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記回転子半径方向における永久磁石の外側端部と前記回転子の外周面との間に介在する回転子鉄心部分は、電機子電流の磁束で磁気飽和する半径方向の厚さを有することを特徴としている。

【0013】請求項4の発明は、請求項2の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記回転子半径方向における永久磁石の外側端部と前記回転子の外周面との間に介在する回転子鉄心部分は、磁極間中央の半径方向の厚さより薄い厚さを有することを特徴としている。

【0014】請求項5の発明は、請求項2乃至4の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記回転子半径方向における永久磁石の外側端部と前記回転子の外周面との間に介在する回転子鉄心部分は、前記電機子コイルに流れる電流がゼロの時、電機子コイルと鎖交する永久磁石の磁束において、空隙磁束密度が0.1T以下になるような厚さを有することを特徴としている。

【0015】これら請求項2乃至5の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機では、回転子半径方向における

永久磁石の外側端部と、回転子の外周面との間に回転子鉄心の一部が介在されるため、電機子コイルに流れる電流がゼロの時、即ち無負荷時には永久磁石からの磁束が回転子鉄心内で閉じることとなり、電機子コイルでの誘起電圧をほぼゼロとして、固定子側からブレーキのかからない定常回転を継続することができる。また、回転中に電機子コイルやインバータに電氣的な短絡が生じたとしても、誘起電圧はほぼ0なので、短絡電流は流れない。したがって、短絡が生じて過大なブレーキ力が生じたり、電機子コイルが焼損したりすることを防止することができる。また、負荷時には磁極軸方向の電流による磁束の一部が、永久磁石外側の鉄心部分を通り、磁極間部分の円周方向両端において磁気飽和させる。これにより、永久磁石の磁束は、回転子外へと分布することとなり、電機子コイルと鎖交して出力や力率が向上する。

【0016】請求項6の発明は、請求項2乃至5の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記回転子半径方向における永久磁石の外側端部と、前記回転子の外周面との間には回転子鉄心の一部に加え、空洞部が形成されることを特徴としている。

【0017】請求項7の発明は、請求項6の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記空洞部に非磁性材が埋設されることを特徴としている。

【0018】これら請求項6及び7の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機では、回転子半径方向における永久磁石の外側端部と、回転子の外周面との間に空洞部あるいは非磁性材も形成されるため、これら空洞部あるいは非磁性材が磁気抵抗となり、磁極側から磁極間側への漏れ磁束を効果的に減少させることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態による永久磁石式リラクタンス型回転電機を図を用いて説明する。

【0020】図1は本発明による永久磁石式リラクタンス型回転電機の回転子の半径方向断面を示している。この実施形態の永久磁石式リラクタンス型回転電機は、4極の電機子コイル2を備えた固定子1と、略円筒形の回転子3とから構成される。

【0021】本発明の特徴たる回転子3の構造に関し、回転子鉄心4は、略円筒形状の軟鋼S45C、または積層された略円形状の珪素鋼板などの磁性材料で構成される。回転子鉄心4の各磁極軸に沿った方向には、磁極幅の間隔をあけて半矢印型の空洞部5が形成される。即ち、この実施形態では、4極電機子コイル2は、4つの磁極が十字状に配置されるため、これに伴い空洞部5は各磁極を両側から挟み込む位置に形成されることとなる。

【0022】磁氣的に凹凸を形成するため、回転子鉄心4の各磁極に挟まれた扇型の部分、即ち4つの磁極間部分の外周は、十字状の磁極部分の外周に比べ、若干凹

で形成される。これら磁極間部分の外周と固定子1との間には空隙部7が形成される。磁極軸に沿って形成された各空洞部5は、その回転子半径方向における外側端部が、磁極間部分の外周面よりも内側の位置までに止められ、かつ回転子半径方向における内側端部が、磁極間部分を挟んで隣り合う空洞部5と干渉しないような位置に止められる。

【0023】以上のように形成された各空洞部5には、例えばNdFeB系の矩形の永久磁石6が、その長手方向一端を空洞部5の内側端部に接するようにし、かつ他端の周囲には略三角形のスペース5aを残すようにして埋設され、例えば接着剤で固定される。この永久磁石6は磁極軸と直交する方向に磁化されていて、磁極間においては、この部分へと流れてくる電機子コイル2の漏れ磁束に対し、永久磁石6からの磁束 $\phi_m$ が抵抗するような方向に配置されている。すなわち、磁極部を中心として磁極の両側面にある永久磁石6の関係は、磁化方向が同一であり、磁極と直角方向となる。また、磁極間を中心としてその両側に位置する2つの永久磁石6は、回転子鉄心4の円周方向において互いに磁化方向は逆となる。

【0024】以上のように構成される回転子3を備えた永久磁石式リラクタンス型回転電機の作用を以下説明する。

【0025】図2は、電機子コイル2に電流が流れず、これにより回転子3に電機子コイル2からの磁束が流れない、いわゆる無負荷状態での回転子3に生じる磁束分布を示したものである。一般に、このように回転子3に永久磁石6を埋設したもので、無負荷時には永久磁石6そのものから発生する磁束 $\phi_m$ によって電機子コイル2に短絡電流が流れて、回転子3に対しその回転を制動させる力（ブレーキ）が作用する。しかしながら、本実施形態の回転子3は、各永久磁石6の外側に鉄心の一部を残す構造であるため、図示するように永久磁石6から発生する磁束 $\phi_m$ が鉄心内で閉じるようになり、無負荷時の電機子コイル2に発生する誘導電圧値をゼロにすることができ、もって回転子3にはブレーキがかからず、その定常回転を継続することができる。なお、電機子コイル2に誘導電圧を発生させないためには、電流ゼロの条件下において、少なくとも永久磁石6による電機子コイル2と鎖交する磁束の空隙磁束密度が0.1[T]以下になるように、永久磁石6の埋設位置、すなわち、極間部の円周方向端縁の鉄心部分（すなわち、スペース5aと極間部鉄心外周の間の鉄心部分）4aの半径方向の厚さを調整することが好ましいことが本願発明者の実験によって確認されている。

【0026】これに対し、図3は負荷時における回転子3内の磁束分布を示している。電機子コイル2に電流が流れることにより、d軸の電機子電流による磁束 $\phi_d$ が発生する。磁束 $\phi_d$ は回転子鉄心4の磁極部を磁路とし

て流れる主磁束以外に、極間部外周の鉄心部分を磁路としてショートカットし、隣りの磁極に抜ける漏れ磁束を含む。この漏れ磁束と永久磁石6からの磁束 $\phi_m$ により、極間部の円周方向端縁の鉄心部分（すなわち、スペース5aと極間部鉄心外周の間の鉄心部分）4aは磁気飽和した状態となる。このため、永久磁石6から生じた磁束 $\phi_m$ は、上記鉄心部分4aを通り難くなり、磁極を挟んで対向する永久磁石6から出た磁束 $\phi_m$ と結び付き、図中点線で示すように磁極間を通して固定子1側へ向かう磁束 $\phi_m$ となる。この磁束 $\phi_m$ は固定子1から磁極間鉄心部分を通して固定子コイル2と鎖交し、出力および力率が向上する。

【0027】また、図4はq軸の電機子電流による磁極間を中心とした軸に沿った方向の成分の磁束 $\phi_q$ を示している。この磁極間の磁束 $\phi_q$ は、磁極軸に沿った永久磁石6の間を抜け、回転子3の中心部を通り、さらに永久磁石6間を通る磁路を形成する。しかし、永久磁石6から固定子1側へ向かう磁束 $\phi_m$ と、増加された磁極間上の空隙部7の高磁気抵抗の作用でq軸の電機子電流による磁束 $\phi_q$ は低下する。

【0028】すなわち、磁極軸に沿って配置された永久磁石6は、前述したように磁極軸と直交する方向に磁化されているため、その磁束 $\phi_m$ は回転子3の磁極を横断し、磁極間の鉄心部分から空隙部7を介して固定子1を通り、対向する永久磁石6に戻る磁路を形成する。この永久磁石6の磁束 $\phi_m$ は、先の磁束 $\phi_q$ と逆方向に分布するため、磁極間へ侵入しようとする電機子磁束 $\phi_q$ を反発する。また、磁極間上の空隙部7においては永久磁石6の磁束 $\phi_q$ により電機子電流が作る空隙磁束密度が低下することとなり、磁極上の空隙磁束密度と比較して大きく変化することとなる。すなわち、回転子3の位置に対する空隙磁束密度の変化が大となり、磁気エネルギー変化が大となる。つまり、永久磁石6により等価的な磁気抵抗が変化し、その結果、空隙磁束分布に凹凸ができて磁気エネルギー変化により大きな出力が発生する。

【0029】以上説明したように、上記実施の形態においては、無負荷・軽負荷時に永久磁石6からの電機子コイル2との鎖交磁束量を低減することができるため、誘導電圧を低減することができ、鉄損を少なくすることができる。したがって、無負荷・軽負荷時における高効率運転が可能となる。また、永久磁石6から発生する磁束 $\phi_m$ が鉄心内で閉じることから、永久磁石6の減磁を防止することができるという効果がある。さらに、永久磁石6による誘導電圧が少ないことから、広範囲の可変速運転が可能となる。

【0030】また、回転中に電機子コイルやインバータに電氣的な短絡が生じたとしても、誘起電圧はほぼ0なので、短絡電流は流れない。したがって、短絡が生じても過大なブレーキ力が生じたり、電機子コイルが焼損したりすることを防止することができる。

【0031】また本実施形態の構造は、直方体の永久磁石6を回転子鉄心4の軸線方向に埋め込むことによって提供されるため、積層状態にある回転子鉄心4が永久磁石6によって保持される構造にもなるため、機械的強度を向上させることになる。

【0032】以上、本発明の一実施形態を説明したが、本発明は図示した実施形態に限定されず種々の変形が可能である。例えば、本実施形態では永久磁石6の外側端部と、回転子3の外周面との間に空洞部5aを介在させ、磁極間部分の磁気抵抗がさらに増加するようにしたが、図5に示すように、この空洞部分に非磁性材9を埋設しても良い。この実施の形態においても、前記実施の形態と同様の効果がある。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように請求項1に記載の発明によれば、回転子の磁極間部となる外周面が磁極部となる外周面より凹んで形成されるため、回転子・固定子間の空隙長は変化し、回転子は磁気的に凹凸部を形成することになる。また永久磁石は、各磁極間部の回転子円周方向両端に設けられ磁極間部を通る電機子の磁束を打ち消すように磁化されているため、この方向では磁気抵抗が高くなり、空隙磁束密度に凹凸ができ、この磁気エネルギー変化によって大きなトルクを発生することができる。

【0034】また請求項2乃至5に記載の発明によれば、回転子半径方向における永久磁石の外側端部と、回転子の外周面との間に回転子鉄心の一部が介在されているため、電機子コイルに流れる電流がゼロの時、即ち無負荷時には永久磁石からの磁束が回転子鉄心内で閉じることとなり、コイルへの誘起電圧をほぼゼロとして、固定子側からブレーキのかからない定常回転を継続することができる。また、回転中に電機子コイルやインバータに電気的な短絡が生じたとしても、誘起電圧はほぼ0なので、短絡電流は流れない。したがって、短絡が生じても過大なブレーキ力が生じたり、電機子コイルが焼損し

たりすることを防止することができる。また、負荷時には磁極軸方向の電流による磁束の一部が、永久磁石外側の鉄心部分を通り、磁極間部分の円周方向両端において磁気飽和させるため、永久磁石の磁束は、回転子外へと分布することとなり、電機子コイルと鎖交して出力や力率が向上する。

【0035】また、請求項6及び7に記載の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機では、回転子半径方向における永久磁石の外側端部と、回転子の外周面との間に空洞部あるいは非磁性材も設けられるため、これら空洞部あるいは非磁性材が磁気抵抗となり、磁極側から磁極間側への漏れ磁束を効果的に減少させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る永久磁石式リラクタンス型回転電機回転電機の径方向断面図である。

【図2】図1に示す実施形態における、電機子電流ゼロの時の回転子の磁束分布を示した回転子径方向の断面図である。

【図3】図1に示す実施形態における、負荷時のd軸の電機子電流による磁束分布および永久磁石による磁束分布を示した回転子径方向の断面図である。

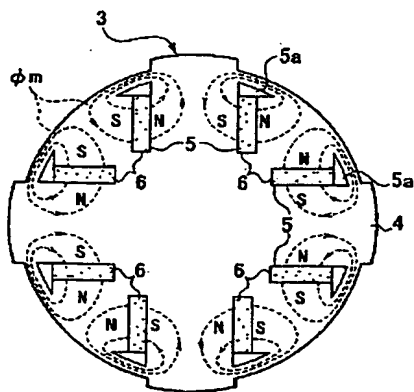
【図4】図1に示す実施形態における、負荷時のq軸の電機子電流による磁束分布および永久磁石による磁束分布を示した回転子径方向の断面図である。

【図5】図1の実施形態の変形例を示した回転子の径方向断面図である。

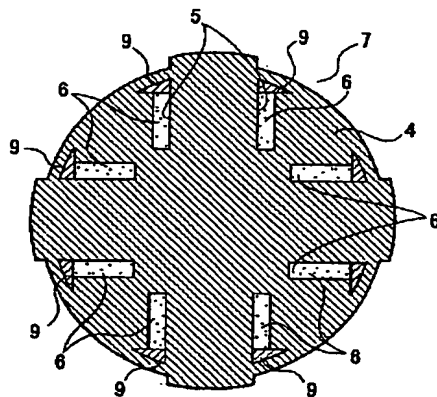
【符号の説明】

- 1 固定子
- 2 電機子コイル
- 3 回転子
- 4 回転子鉄心
- 5 空洞部
- 6 永久磁石
- 7 空隙部
- 9 非磁性材

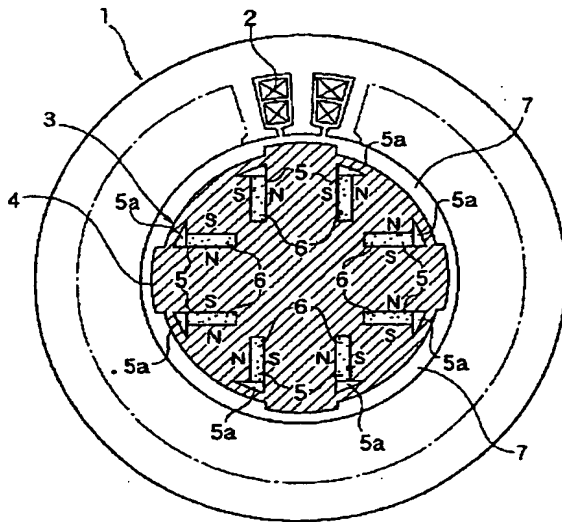
【図2】



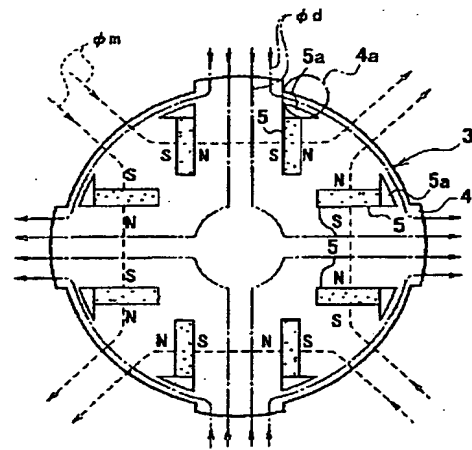
【図5】



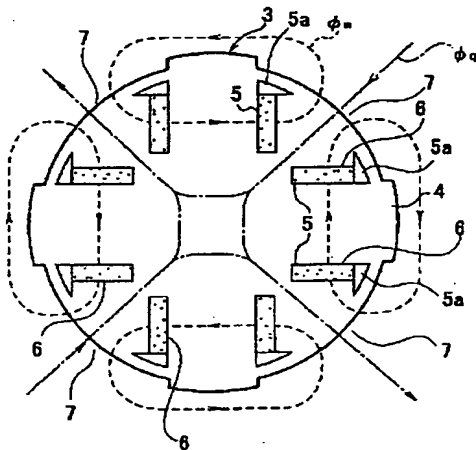
【図1】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 徳増 正  
神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地  
株式会社東芝京浜事業所内  
(72)発明者 高島 幹生  
神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地  
株式会社東芝京浜事業所内

Fターム(参考) 5H619 AA01 AA07 BB01 BB02 BB22  
BB24 PP02 PP04 PP08  
5H621 AA01 BB07 GB10 HH01 HH07  
JK02 JK05 PP10  
5H622 AA01 AA03 CA02 CA07 CA13  
CB03 DD02 PP11